

EXPRESS MAIL NO. EV 327 133 658 US

DATE OF DEPOSIT 9/26/03

Our File No. 9281-4655

Client No. N US02098

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of:

Naoya Hasegawa et al.

Serial No. To be Assigned

Filing Date: Herewith

For Magnetic Sensor Having Free Layer  
Additionally Provided With Magnetic  
Anisotropy by Shape Anisotropy

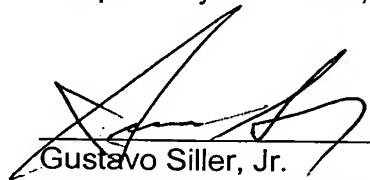
**SUBMISSION OF CERTIFIED COPIES OF PRIORITY DOCUMENTS**

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Transmitted herewith are certified copies of priority documents Japanese Patent Application Nos. 2002-293365, filed October 7, 2002, and 2003-048727, filed February 26, 2003 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,



Gustavo Siller, Jr.  
Registration No. 32,305  
Attorney for Applicants

BRINKS HOFER GILSON & LIONE  
P.O. BOX 10395  
CHICAGO, ILLINOIS 60610  
(312) 321-4200

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年 1 0 月    7 日  
Date of Application:

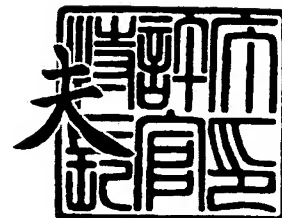
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 9 3 3 6 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 2 9 3 3 6 5 ]

出    願    人            アルプス電気株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月    3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 1 9 3 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 021198AL

【提出日】 平成14年10月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 43/08  
G11B 5/39

【発明の名称】 磁気検出素子

【請求項の数】 4

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 長谷川 直也

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 梅津 英治

【特許出願人】

    【識別番号】 000010098

    【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

    【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

    【識別番号】 100085453

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【選任した代理人】

    【識別番号】 100121049

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 三輪 正義

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041070

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気検出素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部からの磁界に応じて内部の磁化方向が変化するフリー磁性層と、内部の磁化方向が固定されている固定磁性層と、前記フリー磁性層と前記固定磁性層との間に介在する非磁性材料層と、交換結合により前記固定磁性層内の磁化を固定する反強磁性層とを有する磁気検出素子において、

前記フリー磁性層、前記非磁性材料層、および前記固定磁性層は、第 1 の方向の長さ寸法が前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向の幅寸法よりも長く形成されて、前記フリー磁性層の内部磁化の向きは形状異方性によって前記第 1 の方向へ優先されており、

前記固定磁性層は、前記非磁性材料層に接する第 2 の磁性層と中間層と第 1 の磁性層とが積層されたもので、前記反強磁性層は、前記第 1 の方向に所定間隔の間欠部を介して前記第 1 の磁性層に接しており、

前記交換結合により前記第 1 の磁性層内の磁化の方向が前記第 1 の方向と交叉する方向に固定され、さらに前記第 2 の磁性層内の磁化の方向が前記第 1 の磁性層と反平行状態に設定され、

前記間欠部での、前記フリー磁性層の磁化の方向と前記固定磁性層内の磁化の方向とで電気抵抗が変化することを特徴とする磁気検出素子。

【請求項 2】 前記間欠部には、両側の反強磁性層と同じ組成の材料層が前記第 1 の磁性層と接して設けられており、前記間欠部での前記材料層は、前記反強磁性層よりも薄く形成された不規則結晶構造の層である請求項 1 記載の磁気検出素子。

【請求項 3】 非磁性材料層、前記第 1 の方向と交叉する方向に磁化方向が固定された固定磁性層および前記固定磁性層内の磁化方向を固定する反強磁性層が積層された積層体が、フリー磁性層を挟んで、2 組設けられており、それぞれの組の積層体は、フリー磁性層に接する側から、非磁性材料層、固定磁性層および反強磁性層の順に配置されており、少なくとも一方の組の前記積層体と前記フリー磁性層とが請求項 1 または 2 記載の構造であることを特徴とする磁気検出素子。

子。

【請求項 4】 前記フリー磁性層内の磁化方向を前記第 1 の方向へ向ける縦バイアス手段が設けられていない請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ハードディスク装置などに搭載されるスピバルブ型薄膜素子などの磁気検出素子に係わり、特に固定磁性層と反強磁性層との交換結合領域を限定して配置した磁気検出素子に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来のスピバルブ型の磁気検出素子は、フリー磁性層、非磁性層材料層、固定磁性層、反強磁性層が積層されて前記固定磁性層の磁化方向が固定されている。また、前記フリー磁性層はその両側から縦バイアス磁界が与えられて磁化方向が前記固定磁性層と交叉する方向へ向けられている。この種の磁気検出素子は前記積層体の上下にギャップ層と称される絶縁層を介して下部シールド層と上部シールド層が位置しており、下部シールド層と上部シールド層との間隔により外部磁界の検出の分解能が決まる。

【0 0 0 3】

しかし、従来は、前記固定磁性層の全域に反強磁性層が積層されているため、膜の積層方向の厚みが大きくなっている。そのため、上部シールド層と下部シールド層との距離が長くなって、前記分解能を小さくするのに限界がある。

【0 0 0 4】

そこで、以下の特許文献 1 に記載された発明では、前記反強磁性層の幅方向の中央部に肉薄部が設けられている。前記肉薄部を形成することにより、上下に位置するシールド層間の間隔をなるべく短くしようというものである。

【0 0 0 5】

【特許文献 1】

特開 2000-163717 号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

前記特許文献 1 に記載されている磁気検出素子では、反強磁性層の中央部分に肉薄部を設けることにより、シールド層間の間隔を短くできる利点がある。しかしながら、前記肉薄部も固定磁性層に対して磁化固定力を発揮するものとして機能させているため、前記肉薄部もある程度の厚みを必要としている。そのため、前記肉薄部に電極層からセンス電流が比較的多く分流することを避けることができず、それが電流ロスとなって再生出力が低下する。

【0007】

また、固定磁性層に反強磁性層が積層された磁気検出素子では、電極層から静電気放電 (ESD) による過渡電流が流れたとき、それによって素子内に熱が発生し、この熱が反強磁性層のブロッキング温度に近い温度となることも有りえる。このような場合に、固定磁性層のトラック幅の中央部分に、交換結合を発揮する反強磁性層が前記特許文献 1 のように薄く存在していると、この薄い部分での固定磁性層との交換結合が不安定になる。

【0008】

特に、前記固定磁性層が単層の磁性層で構成されている場合は磁化固定が不安定になり易いが、固定磁性層が RKKY 結合により反平行状態に磁化されている第 1 の磁性層と第 2 の磁性層を有する人工フェリ構造であっても、一方の磁性層が反強磁性層に接している構造であると、反強磁性層との交換結合が不安定になった時点で、反強磁性層に接している磁性層の磁化が反転し、その結果固定磁性層の磁化の固定が不安定になる。

【0009】

このように前記特許文献 1 に記載の発明では、磁気検出領域において反強磁性層を故意に肉薄部にしているため、前記のような固定磁性層の磁化固定を不安定にする現象を避けることができなくなる。

【0010】

また従来のスピナバルブ型の磁気検出素子では、フリー磁性層の磁化方向を安

定させるための縦バイアス層が設けられていたため、膜の積層構造が複雑であり、その結果製造コストの高いものであった。

#### 【0011】

本発明は前記従来課題を解決するものであり、磁気検出機能を発揮する領域で膜の積層厚みを薄くするとともに、センス電流の分流を低減でき、また固定磁性層の磁化を安定させることができる磁気検出素子を提供することを目的としている。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、外部からの磁界に応じて内部の磁化方向が変化するフリー磁性層と、内部の磁化方向が固定されている固定磁性層と、前記フリー磁性層と前記固定磁性層との間に介在する非磁性材料層と、交換結合により前記固定磁性層内の磁化を固定する反強磁性層とを有する磁気検出素子において、

前記フリー磁性層、前記非磁性材料層、および前記固定磁性層は、第1の方向の長さ寸法が前記第1の方向と直交する第2の方向の幅寸法よりも長く形成されて、前記フリー磁性層の内部磁化の向きは形状異方性によって前記第1の方向へ優先されており、

前記固定磁性層は、前記非磁性材料層に接する第2の磁性層と中間層と第1の磁性層とが積層されたもので、前記反強磁性層は、前記第1の方向に所定間隔の間欠部を介して前記第1の磁性層に接しており、

前記交換結合により前記第1の磁性層内の磁化の方向が前記第1の方向と交叉する方向に固定され、さらに前記第2の磁性層内の磁化の方向が前記第1の磁性層と反平行状態に設定され、

前記間欠部での、前記フリー磁性層の磁化の方向と前記固定磁性層内の磁化の方向とで電気抵抗が変化することを特徴とするものである。

#### 【0013】

本発明の磁気検出素子は、前記間欠部で、固定磁性層と反強磁性層との交換結合を生じさせていない。しかしながら、固定磁性層を第1の磁性層と第2の磁性層を有する人工フェリ構造とすることにより、前記間欠部においても固定磁性層



の磁化を安定できるようにしている。

【0014】

前記間欠部では固定磁性層と反強磁性層との交換結合を生じさせていないため、前記間欠部への静電気放電（ESD）による過渡電流の分流をほとんど無くすることができる。また間欠部では、反強磁性層と固定磁性層との間で交換結合を生じていないため、高温状態においても、反強磁性層と固定磁性層との交換結合が不安定になる心配もなくなる。

【0015】

また、前記間欠部には、両側の反強磁性層と同じ磁性材料の層が前記第1の磁性層と接して設けられており、前記間欠部での前記磁性材料の層は、反強磁性を発揮しない不規則結晶構造の層となるように反強磁性層よりも薄く形成されているものとして構成することもできる。

【0016】

この場合、前記間欠部に設けられた反強磁性層と同じ磁性材料の層は反強磁性を発揮しない不規則結晶構造の層となる程度の厚さであるため、前記過渡電流の分流を少なくでき、また前記間欠部での前記磁性材料の層は反強磁性を発揮しないため、前記固定磁性層との間に交換結合を生じておらず、高温になったときに固定磁性層の磁化を不安定とすることはない。

【0017】

また、本発明は、非磁性材料層、前記第1の方向と交叉する方向に磁化方向が固定された固定磁性層および前記固定磁性層内の磁化方向を固定する反強磁性層が積層された積層体が、フリー磁性層を挟んで、2組設けられており、それぞれの組の積層体は、フリー磁性層に接する側から、非磁性材料層、固定磁性層および反強磁性層の順に配置されており、少なくとも一方の組の前記積層体と前記フリー磁性層とが前記いずれかに記載の構造であるいわゆるデュアルスピバルブ型素子としても構成できる。

【0018】

また本発明では、前記フリー磁性層内の磁化方向を前記第1の方向へ向ける縦バイアス手段が設けられていないものにできる。

## 【0019】

縦バイアス層を設けないものでは、素子全体の構造を簡略化でき、しかも薄型化も可能となる。

## 【0020】

## 【発明の実施の形態】

図1は本発明における第1の実施形態の磁気検出素子（スピンバルブ型薄膜素子）の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。図1に示す磁気検出素子10は、フリー磁性層14が反強磁性層20よりも下側に形成されるタイプである。

## 【0021】

前記磁気検出素子10は、NiFe合金やセンダストなどの磁性材料製の下部シールド層（基板）11の上面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの絶縁材料で形成された下部ギャップ層12が形成され、前記下部ギャップ層12上にはNiFe合金、NiFeCr合金あるいはCrなどで形成されたシード層13が形成されている。

## 【0022】

前記シード層13の上には、フリー磁性層14が形成される。前記フリー磁性層14はNiFe合金やCoFe合金などの磁性材料で形成される

前記フリー磁性層14の磁化は図示Y方向から進入してくる外部磁界によって磁化変動する程度に、前記トラック幅方向に弱く単磁区化された状態にある。

## 【0023】

前記フリー磁性層14の上には非磁性材料層15が形成されている。前記非磁性材料層15は、固定磁性層16とフリー磁性層14との磁気的な結合を防止し、またセンス電流が主に流れる層であり、Cu, Cr, Au, Agなど導電性を有する非磁性材料により形成されることが好ましい。特にCuによって形成されることが好ましい。

## 【0024】

前記非磁性材料層15の上には固定磁性層16が形成されている。図1に示す実施の形態では、固定磁性層16は人工フェリ構造である。前記固定磁性層は反強磁性層20に接する側の第1の磁性層17と、前記第1の磁性層17と膜厚方

向（図示Z方向）で対向する第2の磁性層18と、前記第1の磁性層17と第2の磁性層18との間に介在する中間層19との3層構造である。

#### 【0025】

前記第1および第2の磁性層17、18は、例えばNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金などの磁性材料で形成される。前記第1の磁性層17と第2の磁性層18は、同一の材料で形成されることが好ましい。また単層構造であっても磁性層の積層構造であってもどちらでもよい。

#### 【0026】

また前記中間層19は非磁性材料により形成されるもので、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種またはこれらの2種以上の合金で形成されている。特にRuによって形成されることが好ましい。

#### 【0027】

前記フリー磁性層14、前記非磁性材料層15および前記固定磁性層16は、前記第1の長さ方向の長さ寸法が、前記第1の方向と直交する第2の方向であるハイト方向（図示Y方向）の幅寸法よりも長く形成されている。したがって、前記フリー磁性層14は形状異方性を有し、前記フリー磁性層14内部の磁化がトラック幅方向に優先的に向いた状態である。ここで本明細書において「形状異方性」とは、所定の長さ寸法を有するフリー磁性層14の磁化が前記長さ方向に配向することを意味する。前記フリー磁性層14が形状異方性を有するには、前記フリー磁性層14のトラック幅方向における両側端間の長さ寸法は1 $\mu$ m以上であることが好ましい。また、前記フリー磁性層14の磁化を、前記第1の方向に、より適切に配向させ易くするには、前記形状異方性に加えて、誘導磁気異方性を付与することが好ましく、前記フリー磁性層14が磁場中で成膜されることが好ましい。

#### 【0028】

また、前記フリー磁性層14のトラック幅方向における両側端部のみに前記フリー磁性層14を硬磁性層化できる元素（例えば、Pt、C、B、希土類）をイオン打ち込みすることにより、前記フリー磁性層14の前記両側端部を硬磁性層とし、この硬磁性層を着磁することにより、前記フリー磁性層14の磁化を安定

させても良い。

#### 【0029】

前記磁気検出素子10は、反強磁性層20が前記第1の磁性層17の前記第1の方向における両側端部17a上に、間欠部20cを介して分離して形成されている。前記反強磁性層20は前記第1の磁性層17の中央部17b上には形成されていない。前記反強磁性層20は、PtMn合金、または、X—Mn（ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である）合金で、あるいはPt—Mn—X'（ただしX'は、Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Ag, Os, Cr, Ni, Ar, Ne, Xe, Krのいずれか1または2種以上の元素である）合金で形成されることが好ましいが、IrMn合金などPtMn合金よりもブロッキング温度の低い反強磁性材料で形成されてもよい。

#### 【0030】

前記反強磁性層20は前記第1の磁性層17との間に交換結合磁界を発生させるために、磁場中で熱処理が施される。前記反強磁性層20は熱処理前ではその結晶構造が不規則格子であるが、熱処理後では少なくとも一部の結晶構造が規則格子となる。例えばX—Mn合金では、前記熱処理前は結晶構造がX原子、Mn原子の配列が不規則な面心立方格子であるが、前記熱処理後では少なくとも一部において、X原子、Mn原子の配列が規則的になり、L10型（CuAuI型）の面心正方格子の結晶構造に変態する。

#### 【0031】

磁場中熱処理が施されると前記反強磁性層20は、上記したように少なくとも一部の不規則格子が規則格子に変態して前記反強磁性層20と前記第1の磁性層17の両側端部17a, 17a間に交換結合磁界が発生し、前記第1の磁性層17は前記第2の方向に磁化固定される。図1に示す実施形態では、前記固定磁性層16が2層の前記磁性層17, 18とその間に介在する前記中間層19との人工フェリ構造であるから、前記第1の磁性層17と第2の磁性層18間にRKKY相互作用による反平行結合磁界が作用し、前記第2の磁性層18の両側端部18a, 18aは図示Y方向とは逆方向に磁化固定される。一方、前記第1の磁性

層 17 および第 2 の磁性層 18 の中央部 17b, 18b でも上記した RKKY 相互作用による反平行結合磁界は生じ、前記第 1 の磁性層 17 および第 2 の磁性層 18 の中央部 17b, 18b の磁化は両側端部 17a, 18a での磁化方向に倣って反平行状態で磁化固定される。

#### 【0032】

前記反強磁性層 20 の上には Cr など形成されたストッパ層 21 が形成され、前記ストッパ層 21 の上には Ta など形成された保護層 22 が形成されている。前記保護層 22 上には例えば Au、Pd、Cr、Rh、Ru、Ta、W などの非磁性導電材料で形成された電極層 23 が形成され、さらに前記電極層 23 上に Ta など形成された保護層 24 が形成されている。

#### 【0033】

前記保護層 24 から、前記反強磁性層 20 間に形成された前記間欠部 20c 内から露出する前記固定磁性層 16 の前記第 1 の磁性層 17 上にかけて絶縁材料で形成された上部ギャップ層 25 が形成され、前記上部ギャップ層 25 上に磁性材料製の上部シールド層 26 が形成される。

#### 【0034】

図 1 に示す実施の形態では、一方の前記反強磁性層 20 と前記第 1 の磁性層 17 との接触面 20a の側端 20b と、他方の前記反強磁性層 20 と前記第 1 の磁性層 17 との接触面 20a の側端 20b との間、すなわち左右の反強磁性層 20 と反強磁性層 20 との間隔 C が、実質的な外部磁界の検出領域である。この検出領域の前記第 1 の方向の幅寸法をトラック幅 (Tw) と呼ぶ。

#### 【0035】

図 1 に示す磁気検出素子の構造の特徴的部分について以下に説明する。図 1 に示す実施の形態では、前記固定磁性層 16 が、第 1 および第 2 の磁性層 17, 18 と、前記各磁性層 17, 18 の間に介在する中間層 19 との 3 層構造で構成されている。前記第 1 の磁性層 17 と第 2 の磁性層 18 間には RKKY 相互作用による反平行結合磁界が生じるため、両磁性層 17, 18 の磁化は反平行状態になっている。

#### 【0036】

前記反強磁性層 20 は、前記第 1 の磁性層 17 の両側端部 17 a, 17 a 上に、前記間欠部 20 c を介して分離して設けられ、前記第 1 の磁性層 17 の中央部 17 b 上には設けられていない。このため交換結合磁界は前記反強磁性層 20 と接している前記第 1 の磁性層 17 の両側端部 17 a, 17 a の間でのみ生じ、前記第 1 の磁性層 17 の中央部 17 b との間には生じていない。したがって前記第 1 の磁性層 17 および第 2 の磁性層 18 の両側端部 17 a, 18 a の磁化は前記交換結合磁界と RKKY 相互作用等により反平行状態を保ちながら前記第 2 の方向（図示 Y 方向）と平行な方向に固定されている。

#### 【0037】

一方、前記固定磁性層 16 の第 1 の磁性層 17 および第 2 の磁性層 18 の中央部 17 b, 18 b では、各磁性層内部の交換相互作用により媒介されたバイアス磁界や上記した RKKY 相互作用によって反平行状態を保って前記第 2 の方向と平行な方向に固定されることが後述する実験でも確認されており、図 1 に示す実施の形態であれば、前記固定磁性層 16 の磁化固定を適切に行うことが可能である。

#### 【0038】

すなわち図 1 のように固定磁性層 16 上に設けられた反強磁性層 20 は、前記固定磁性層 16 の前記第 1 の方向における両側端部上に間欠部 20 c を介して分離して設けられ、この両側端部でのみ交換結合磁界が生じるが、この第 1 の磁性層 17 の構造に対して、前記固定磁性層 16 を人工フェリ構造にすることで、前記固定磁性層 16 全体の磁化を適切に前記第 2 の方向に磁化固定できる。

#### 【0039】

また、前記第 1 の磁性層 17 の中央部 17 b 上には前記反強磁性層 20 が設けられていないので、前記電極層 23 から主に非磁性材料層 15 を中心として流れるセンス電流が、前記反強磁性層 20 に分流することが少なくなり、分流ロスを軽減できる結果、再生出力の向上を図ることが可能である。

#### 【0040】

また前記第 1 の磁性層 17 の中央部 17 b 上には前記反強磁性層 20 が設けられていないため、素子中央部での前記下部シールド層 11 および前記上部シールド層 12

ド層 26 との膜厚方向（図示 Z 方向）への間隔は狭まり、いわゆる狭ギャップ化を図ることが可能である。フリー磁性層 14 の中央部 14b が再生感度を持つ領域であるから、素子中央部でのギャップ長を短くできれば、再生波形のパルス幅（PW50）の広がりや分解能の低下を適切に防止でき、今後の高記録密度化に適切に対応可能な磁気検出素子を製造することが可能である。

#### 【0041】

さらに、前記第 1 の磁性層 17 の中央部 17b 上に前記反強磁性層 20 を設けないことで、前記固定磁性層 16 の素子中央部での磁気的な静電破壊（ESD）は起こりにくくなる。

#### 【0042】

固定磁性層に反強磁性層が積層された磁気検出素子では、電極層から静電気放電（ESD）による過渡電流が流れたとき、それによって素子内に熱が発生し、この熱が反強磁性層のブロッキング温度に近い温度となることも有りえる。このような場合に、固定磁性層の前記第 1 の方向の中央部分に、交換結合を発揮する反強磁性層が存在していると、この反強磁性層が存在している部分での固定磁性層との交換結合が不安定になり、固定磁性層の磁化方向が動いてしまい、磁気的な静電破壊が起こり易い。

#### 【0043】

特に、固定磁性層が単層の磁性層で構成されている場合、磁化固定が不安定になり易いが、固定磁性層が RKKY 結合により反平行状態に磁化されている第 1 の磁性層と第 2 の磁性層を有する人工フェリ構造であっても、第 1 の磁性層が反強磁性層に接している構造であると、反強磁性層がブロッキング温度以上になって反強磁性層と第 1 の強磁性層との交換結合が不安定になり、そのとき電流による磁界が発生した場合に、反強磁性層に接している第 1 の磁性層の磁化が反転し、磁気的な静電破壊が生じる。

#### 【0044】

これに対し本発明のように、前記固定磁性層 16 の第 1 の磁性層 17 の前記第 1 の方向の中央部分に交換結合を発揮する反強磁性層が存在していなければ、前記第 1 の磁性層 17 の磁化反転は起こらず（磁化反転が起こっても前記第 1 の磁

性層 17 の両側端部 17 a の交換結合の向きは不変であるため、前記過渡電流の流入が無くなれば、前記第 1 の磁性層 17 の磁化方向は元に戻る）、前記固定磁性層 16 の磁化の固定を安定させることができ、磁気的な静電破壊に対して強くなる。

#### 【0045】

このように、図 1 に示す磁気検出素子 10 の構造では、固定磁性層 16 の磁化を適切に前記第 2 の方向に磁化固定できるとともに、再生出力の向上や狭ギャップ化および静電破壊の抑制をも図ることができ、今後の更なる高記録密度化に適切に対応可能な磁気検出素子を提供することができる。

#### 【0046】

また、前記磁気検出素子 10 では、前記フリー磁性層 14 は形状異方性を有しており、前記フリー磁性層 14 内部の磁化がトラック幅方向に向いた状態である。したがって、前記フリー磁性層 14 の磁化をトラック幅方向に配向させるための手段、例えば永久磁石層を前記フリー磁性層 14 の側方に設ける必要がなく、素子の構造や製造方法を簡単にすることができる。

#### 【0047】

なお図 1 に示した磁気検出素子 10 は、下から、前記フリー磁性層 14、前記非磁性材料層 15、前記固定磁性層 16 および前記反強磁性層 20 の順に積層されているものを例にして説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば下から、反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層の順に積層されているものとして構成しても良い。

#### 【0048】

図 2 は本発明における第 2 の実施形態の磁気検出素子（スピバルブ型薄膜素子）の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。図 2 に示す磁気検出素子 110 は、フリー磁性層 14 の上方に第 1 の反強磁性層 20 が設けられ、前記フリー磁性層 14 の下方に第 2 の反強磁性層 120 が設けられているタイプである。

#### 【0049】

前記図 2 に示す磁気検出素子 110 のうち、図 1 に示した磁気検出素子 10 と



同様の構成部分には同じ符号を付してその説明を省略する。

#### 【0050】

前記磁気検出素子 110 は、フリー磁性層 14 と下部シールド層 111 との間に、さらに下から順に、第 2 の反強磁性層 130、第 2 の固定磁性層 116 および第 2 の非磁性材料層 115 が形成されている。

#### 【0051】

前記下部シールド層 111 は NiFe 合金やセンダストなどの磁性材料で形成される。前記下部シールド層 111 にはトラック幅方向の中央に膜厚方向（図示 Z 方向）に突出する突出部 111a が設けられ、そのトラック幅方向の両側に凹部 111b、111b が設けられている。

#### 【0052】

図 2 に示すように前記下部シールド層 111 の突出部 111a の上面には Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> などの絶縁材料で形成された下部ギャップ層 140 が形成され、前記下部ギャップ層 140 は、前記突出部 111a のトラック幅方向における両側端面 111a1、111a1 から前記凹部 111b の上面 111b1、111b1 にかけても形成されている。

#### 【0053】

図 2 に示すように前記下部シールド層 111 の凹部 111b、111b1 上および突出部 111a 上に形成された下部ギャップ層 140 上には、NiFe 合金、NiFeCr 合金あるいは Cr などで形成されたシード層 141 が形成されている。

#### 【0054】

前記シード層 141 上には第 2 の反強磁性層 130 が形成されている。この第 2 の反強磁性層 130 は主に前記下部シールド層 111 に形成された前記凹部 111b 内に埋められた状態になっている。前記第 2 の反強磁性層 130 は前記反強磁性層 20 と同様の構造で形成され、例えば PtMn 合金などの反強磁性材料で形成される。

#### 【0055】

前記第 2 の反強磁性層 130 上には第 2 の固定磁性層 116 が形成されている

。前記第2の固定磁性層116は前記固定磁性層16と同様に人工フェリ構造である。前記固定磁性層116は前記第2の反強磁性層130に接する側の第1の磁性層117と、前記第1の磁性層117と膜厚方向（図示Z方向）で対向する第2の磁性層118と、前記第1の磁性層117と第2の磁性層118との間に介在する中間層119との3層構造である。

#### 【0056】

前記第1および第2の磁性層117、118および中間層119は前記固定磁性層16の前記第1および第2の磁性層17、18および中間層19と同一の材料で形成される。また前記第2の固定磁性層116を構成する第1および第2の磁性層117、118は単層構造であっても磁性層の積層構造であってもどちらでもよい。

#### 【0057】

前記第2の反強磁性層130は前記下部シールド層111の突出部111a上に形成されたシード層141上には形成されておらず、前記突出部111a上に形成された前記シード層141の上面は前記第2の固定磁性層16に接している。前記反強磁性層130は前記第2の固定磁性層116の第1の磁性層117の両側端部117a、117a下に間欠部130cを介して分離して設けられ、前記反強磁性層130と前記第1の磁性層117の両側端部117a、117aとの間でのみ交換結合磁界が生じるが、この第1の磁性層117の構造に対して、前記固定磁性層116を人工フェリ構造にすることで、前記固定磁性層116全体の磁化を適切に前記第2の方向に磁化固定できる。

#### 【0058】

前記第2の反強磁性層130は前記第1の磁性層117との間に交換結合磁界を発生させるために、磁場中で熱処理が施される。前記第2の反強磁性層130は熱処理前ではその結晶構造が不規則格子であるが、熱処理後では少なくとも一部の結晶構造が規則格子となる。例えばX-Mn合金では、前記熱処理前は結晶構造がX原子、Mn原子の配列が不規則な面心立方格子であるが、前記熱処理後では少なくとも一部において、X原子、Mn原子の配列が規則的になり、L10型（CuAuI型）の面心正方格子の結晶構造に変態する。

## 【0059】

磁場中熱処理が施されると上記したように前記第2の反強磁性層130の少なくとも一部の不規則格子は規則格子に変態し、前記第2の反強磁性層130と前記第2の固定磁性層116の第1の磁性層117の両側端部117a, 117a間に交換結合磁界が発生し、前記第1の磁性層117は前記第2の方向に磁化固定される。図2に示す実施形態では、前記固定磁性層116が2層の前記磁性層117, 118とその間に介在する前記中間層119との人工フェリ構造であるから、前記第1の磁性層117と第2の磁性層118間にRKKY相互作用による反平行磁界が作用し、前記第2の磁性層118の両側端部118a, 118aは前記第2の方向とは逆方向に磁化固定される。一方、前記第1の磁性層117および第2の磁性層118の中央部117b, 118bでも上記したRKKY相互作用による反平行結合磁界は生じ、前記第1の磁性層117および第2の磁性層118の中央部117b, 118bの磁化は両側端部117a, 118aでの磁化方向に倣って反平行状態で磁化固定される。

## 【0060】

前記第2の固定磁性層116と前記フリー磁性層14の間には第2の非磁性材料層115が形成されている。前記第2の非磁性材料層115は、前記第2の固定磁性層116とフリー磁性層14との磁気的な結合を防止し、またセンス電流が主に流れる層であり、前記非磁性層15と同様の材料で形成されている。

## 【0061】

前記フリー磁性層14、前記第1および第2の非磁性材料層15, 115、前記第1および第2の固定磁性層16, 116は、前記第1の長さ方向の長さ寸法が、前記第2の方向の幅寸法よりも長く形成されている。したがって、前記フリー磁性層14は形状異方性を有し、前記フリー磁性層14内部の磁化がトラック幅方向に優先的に向いた状態である。前記フリー磁性層14が形状異方性を有するには、前記フリー磁性層14のトラック幅方向における両側端間の長さ寸法は1 $\mu$ m以上であることが好ましい。また、前記フリー磁性層14の磁化をトラック幅方向に安定化するには、前記形状異方性に加えて、誘導磁気異方性を付与することが好ましく、前記フリー磁性層14が磁場中で成膜されることが好ましい

。

## 【0062】

図2に示す実施の形態では、一方の前記反強磁性層130と前記第1の磁性層117との接触面130aの側端130bと、他方の前記反強磁性層130と前記第1の磁性層117との接触面130aの側端130bとの間、すなわち左右の反強磁性層130と反強磁性層130との間隔Dが、前記トラック幅(Tw)と同じか、またはそれよりも小さくなっている。

## 【0063】

前記磁気検出素子110では、下部シールド層111および上部シールド層36の膜厚方向への間隔(いわゆるギャップ長)を狭くすることができ、狭ギャップ化に適切に対応できる。

## 【0064】

図3は本発明における第3の実施形態の磁気検出素子(スピンバルブ型薄膜素子)の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。図3に示す磁気検出素子210は図2に示した前記磁気検出素子110と同様、フリー磁性層14の上方に第1の反強磁性層20が設けられ、前記フリー磁性層14の下方に第2の反強磁性層230が設けられているタイプである。

## 【0065】

前記図3に示す磁気検出素子210は図1および図2に示した前記磁気検出素子10、110と共通した構造を有しているため、磁気検出素子210のうち前記磁気検出素子10、110と同様の構成部分には、同じ符号を付してその説明を省略する。

## 【0066】

図3に示す磁気検出素子210は、下部シールド層211に凹部が形成されておらず、前記下部シールド層211の上面は平面形状に構成されている。そして、前記下部シールド層211の上に下部ギャップ層12、シード層13が形成され、さらにその上に第2の反強磁性層230が積層されている。

## 【0067】

前記第2の反強磁性層230は一定の膜厚で前記第1の方向に延びて形成され

ている。

#### 【0068】

前記第2の反強磁性層230は前記第1の磁性層117との間に交換結合磁界を発生させるために、磁場中で熱処理が施される。前記第2の反強磁性層230は熱処理前ではその結晶構造が不規則格子であるが、熱処理後では少なくとも一部の結晶構造が規則格子となる。例えばX-Mn合金では、前記熱処理前は結晶構造がX原子、Mn原子の配列が不規則な面心立方格子であるが、前記熱処理後では少なくとも一部において、X原子、Mn原子の配列が規則的になり、L10型(CuAuI型)の面心正方格子の結晶構造に変態する。

#### 【0069】

磁場中熱処理が施されると前記第2の反強磁性層230と第2の固定磁性層116の第1の磁性層117のトラック幅方向の全領域間に交換結合磁界が発生し、前記第1の磁性層117は前記第2の方向に磁化固定される。図3に示す実施形態では、前記固定磁性層116が2層の前記磁性層117、118とその間に介在する前記中間層119との人工フェリ構造であるから、前記第1の磁性層117と第2の磁性層118間にRKKY相互作用による反平行結合磁界が作用し、前記第2の磁性層118は前記第2の方向とは逆方向に磁化固定される。

#### 【0070】

前記磁気検出素子210も前記磁気検出素子10、110と同様、前記フリー磁性層14、前記第1および第2の非磁性材料層15、115、前記第1および第2の固定磁性層16、116は、前記第1の長さ方向の長さ寸法が、前記第2の方向の幅寸法よりも長く形成されている。したがって、前記フリー磁性層14は形状異方性を有し、前記フリー磁性層14内部の磁化がトラック幅方向に優先的に向いた状態である。前記フリー磁性層14が形状異方性を有するには、前記フリー磁性層14のトラック幅方向における両側端間の長さ寸法は1 $\mu$ m以上であることが好ましい。また、前記フリー磁性層14の磁化をトラック幅方向に安定化させるには、前記形状異方性に加えて誘導磁気異方性を付与することが好ましく、前記フリー磁性層14が磁場中で成膜されることが好ましい。

#### 【0071】

前記磁気検出素子 210 では前記第 2 の反強磁性層 230 が前記シード層 13 の上に一定の厚さを有して前記第 1 の方向に延びているため、素子構造を簡単にすることができ、またその製造も容易である。

#### 【0072】

図 1 ないし図 3 に示す磁気検素子 10、110 および 210 は、素子両側端部に電極層 23、23 が設けられ、前記電極層 23、23 からのセンス電流が前記多層膜の各層に対し膜面と平行な方向に流れる CIP (current in the plane) 型と呼ばれる構造であるが、本発明は、電極層からのセンス電流が多層膜に対し膜厚方向と平行な方向に流れる CPP (current perpendicular to the plane) 型と呼ばれる構造にも適用可能である。その実施形態は図 4 ないし図 6 に示している。

#### 【0073】

図 4 は図 1 に示す磁気検出素子 10 を CPP 型の構造に適用した第 4 の実施の形態である磁気検出素子 310 を示しており、図 5 は図 2 に示す磁気検出素子 110 を CPP 型の構造に適用した第 5 の実施の形態である磁気検出素子 410 を示しており、図 6 は図 3 に示す磁気検出素子 210 を CPP 型の構造に適用した第 6 の実施の形態である磁気検出素子 510 を示している。

#### 【0074】

図 4 ないし図 6 において、図 1 ないし図 3 に示した前記磁気検出素子 10、110、210 と同様の構造の構成部分には、同様の符号を付してその説明を省略する。

#### 【0075】

図 4 ないし図 6 に示す各磁気検出素子 310、410、510 では、各下部シールド層 11、111、211 は NiFe 合金等の磁性材料で形成されており、シールド機能のみならず下部電極層としての役割も有している。

#### 【0076】

図 4 ないし図 6 に示す実施形態では、図 1 ないし図 3 において電極層 23、23 であった箇所に絶縁層 150、150 が形成されている。そして前記絶縁層 150、150 上から、前記反強磁性層 20 間に形成された前記間欠部 20c 内か

ら露出する前記固定磁性層 16 の前記第 1 の磁性層 17 上にかけて上部シールド層 151 が形成される。前記上部シールド層 151 は NiFe 合金等の磁性材料で形成され、シールド機能と上部電極層としての機能も有する。

#### 【0077】

また、前記上部シールド層 151 と前記第 1 の磁性層 17 は磁氣的に分離されている必要があり、図 4 ないし図 6 に破線で示すように、非磁性導電層である上部ギャップ層 152 を設けることが好ましい。

#### 【0078】

図 4 ないし図 6 に示す実施形態では、前記前記第 1 の磁性層 17 上に前記絶縁層 150、150 を設けることで、前記上部シールド層 151 からのセンス電流がトラック幅方向の両側に分流するのを抑制でき再生出力の大きい磁気検出素子を製造することができる。

#### 【0079】

なお図 4 ないし図 6 に示す前記非磁性材料層 15 は、例えば Cu で形成されているが、スピントンネル効果の原理を用いたトンネル型磁気抵抗効果素子 (TMR 素子) の場合、前記非磁性材料層 15 は、例えば  $Al_2O_3$  等の絶縁材料で形成される。

#### 【0080】

以上図 1 ないし図 6 で説明した磁気検出素子 10、110、210、310、410、510 では、前記反強磁性層 20、130 が、前記第 1 の磁性層 17 および 117 の両側端部 17a、17a 上および 117a、117a 下に、間隔を空けて分離して設けられ、前記第 1 の磁性層 17、117 の中央部 17b 上、117b 下には設けられていないものを例として説明した。しかし、本発明はこれに限定されるものではなく、前記間欠部 20c に前記反強磁性層 20、130 と同じ組成の材料層が設けられているものであっても良い。ただしこの場合、前記反強磁性層 20、130 と同じ組成の材料層は、前記反強磁性層 20、130 よりも膜厚 (図示 Z 方向) が薄く形成されていることが好ましい。この場合、反強磁性層 20、130 と同じ組成の材料層の膜厚は、前記反強磁性層 20、130 に磁場中で熱処理を施した場合でも、熱処理後にその結晶構造が規則格子となら

ずに、不規則格子の状態を維持できる厚さで形成される。この厚さは、50 Å よりも小さいことが好ましい。

#### 【0081】

このように、前記反強磁性層 20, 130 と同じ組成の材料層は熱処理によっても結晶構造が不規則格子の状態であるため反強磁性を有さず、したがって前記第1の磁性層 17, 117 との間には交換結合を生じない。よって、センス電流の分流を少なくでき、また交換結合を生じていないため、反強磁性層 20, 130 がブロッキング温度以上の高温になったときに、固定磁性層 16, 116 の磁化が反転するなど磁化が不安定となることはない。

#### 【0082】

##### 【実施例】

図7（実施例）および図10（比較例）に示す構造の磁気検出素子を用いて一方向性交換バイアス磁界  $H_{ex}^*$  及び再生出力（規格化出力）を求めた。

#### 【0083】

図7（実施例）は、磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た部分断面図の模式図であり、膜構成は、下からシード層： $(Ni_{0.8}Fe_{0.2})_{60at\%}Cr_{40at\%}$ （6.0 Å）／フリー磁性層： $Ni_{80at\%}Fe_{20at\%}$ （35 Å）／ $Co_{90at\%}Fe_{10at\%}$ （10 Å）／非磁性材料層： $Cu$ （21 Å）／固定磁性層：[第2の磁性層： $Co_{90at\%}Fe_{10at\%}$ （X Å）／中間層： $Ru$ （9 Å）／第1の磁性層： $Co_{90at\%}Fe_{10at\%}$ （Y Å）]／反強磁性層： $Pt_{50at\%}Mn_{50at\%}$ （200 Å）の順である。なお括弧書きは膜厚を示している。

#### 【0084】

図7に示すようにフリー磁性層は第1の方向であるトラック幅方向（図示X方向）に磁化が向けられているが、前記フリー磁性層の磁化を制御するための永久磁石層や他の反強磁性層は設けられていない。また図7に示すように前記第1の磁性層と第2の磁性層は第2の方向であるハイト方向（図示Y方向）に平行な方向で且つ互いに磁化が反平行状態になっている。

#### 【0085】

また図7に示すように第1の反強磁性層間には間隔が空けられ、この間隔内か



らは固定磁性層を構成する第1の磁性層が露出している。そして前記間隔の第1の方向における幅寸法がトラック幅  $RTw$  であり、前記トラック幅  $RTw$  は物理的なトラック幅 (Physical Read Track Width) である。

#### 【0086】

上記のように第1の磁性層の膜厚は  $X \text{ \AA}$  で、第2の磁性層の膜厚は  $Y \text{ \AA}$  であり、これら各磁性層の膜厚を変化させて、トラック幅  $Tw$  と一方向性交換バイアス磁界及び前記トラック幅  $Tw$  と規格化出力との関係について求めた。なお一方向性交換バイアス磁界  $H_{ex*}$  とは、抵抗変化率 ( $\Delta R/R$ ) の最大値の半分の値になる時の外部磁界の大きさを前記一方向性交換バイアス磁界 ( $H_{ex*}$ ) と定める。一方向性交換バイアス磁界には、前記固定磁性層と反強磁性層間で発生する交換結合磁界のほか、前記固定磁性層は人工フェリ構造であるため、前記固定磁性層を構成する  $CoFe$  間で発生する  $RKKY$  交換相互作用における結合磁界などを含む磁界の大きさである。この一方向性交換バイアス磁界が大きいほど前記固定磁性層を所定の方向に適切にピン止めすることが可能になる。

#### 【0087】

図8に示すように、トラック幅  $RTw$  が広がるにつれて一方向性交換バイアス磁界は低下する。しかし前記トラック幅  $RTw$  が約  $0.22 \mu m$  程度でも  $100 kA/m$  程度の高い一方向性交換バイアス磁界を生じている。前記固定磁性層の磁化固定には最低で  $80 kA/m$  程度の一方向性交換バイアス磁界が必要であると考えられることからすると、前記トラック幅  $RTw$  の設定にある程度の自由度があることがわかった。

#### 【0088】

図9は、前記トラック幅  $RTw$  と、前記トラック幅  $RTw$  で規格化された再生出力 ( $\Delta V/RTw$ ) との関係を示すグラフである。規格化出力は、磁気検出素子の図示  $Y$  方向から、 $\pm 100 Oe$  ( $\pm 7960 A/m$ ) の一様磁界を印加したときの電圧変化量  $\Delta V$  を、トラック幅  $RTw$  で割ったものである。

#### 【0089】

図9に示すように、トラック幅  $RTw$  が大きくなるにつれて、規格化出力は若干低下する傾向を見せるが、規格化出力は前記トラック幅  $RTw$  が  $0.2 \mu m$  を

超えても  $12\text{ mV}/\mu\text{m}$  以上を保っていることがわかる。

#### 【0090】

図10（比較例）は、磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た部分断面図の模式図であり、膜構成は、図7の磁気検出素子の膜構成と同じである。図10に示すようにフリー磁性層は前記第1の方向に磁化が向けられているが、前記フリー磁性層の磁化を制御するための永久磁石層や他の反強磁性層は設けられていない。また図10に示すように前記第1の磁性層と第2の磁性層は前記第2の方向に平行な方向で且つ互いに磁化が反平行状態になっている。

#### 【0091】

なお図7の場合と同様に第1の磁性層の膜厚は  $X\text{ Å}$  で、第2の磁性層の膜厚は  $Y\text{ Å}$  であり、これら各磁性層の膜厚を変化させて、トラック幅  $RTw$  と一方向性交換バイアス磁界及び前記トラック幅  $RTw$  と規格化出力との関係について求めた。なお図10に示す磁気検出素子は図7のように反強磁性層には前記第1の方向に間隔が空けられておらず、前記反強磁性層は前記第1の磁性層上の全面に設けられている。前記反強磁性層の上に設けられた電極層に図10に示すように前記第1の方向に間隔が空けられ、前記間隔の第1の方向における幅寸法がトラック幅  $RTw$  であり、前記トラック幅  $RTw$  は物理的なトラック幅 (Physical Read Track Width) である。

#### 【0092】

図11に示すように、トラック幅  $RTw$  が広がっても一方向性交換バイアス磁界の大きさにはさほど大きな変化が見られない。同様に図12に示すように、規格化出力の大きさもトラック幅  $RTw$  が広がっても変化しない。

#### 【0093】

本発明の実施形態の磁気検出素子は図7のように、反強磁性層にトラック幅方向に所定の間隔を空けて成るものであるが、まず図8と図11に示す一方向性交換バイアス磁界  $H_{ex*}$  を比べて見ると、実施例の方が比較例に比べて前記一方向性交換バイアス磁界  $H_{ex*}$  は小さくなる。これは実施例の場合、素子の中央部の前記第1の磁性層上に第1の反強磁性層が設けられていないため、素子の中央部で交換結合磁界が生じないためであると考えられるが、実施例でもトラック

幅  $R T w$  の大きさを適切に制御すれば前記固定磁性層を適切に磁化固定できるだけの一方向性交換バイアス磁界  $H_{ex}^*$  を得ることができることがわかった。

#### 【0094】

上記したように前記一方向性交換バイアス磁界  $H_{ex}^*$  は最低、 $80 \text{ kA/m}$  程度以上あれば足りると考えられるので図 8 に示すように前記トラック幅  $R T w$  を  $0.2 \mu\text{m}$  以下にすれば、前記一方向性交換バイアス磁界を  $80 \text{ kA/m}$  程度以上得ることが可能であるとわかった。

#### 【0095】

次に図 9 と図 12 に示す規格化出力を比べて見ると、実施例の方が比較例に比べて前記規格化出力は大きくなる。これは実施例のように素子の中央部の第 1 の磁性層上に反強磁性層を設けないことで、電極層から流れるセンス電流の分流ロスが減るためであると考えられる。

#### 【0096】

つまり、実施例のように素子の中央部の第 1 の磁性層上に反強磁性層を設けない構成とすれば、固定磁性層の第 1 の磁性層と第 2 の磁性層を磁化固定できるだけの十分な一方向性交換バイアス磁界を得ることができると共に、従来に比べて再生出力を大きくすることができるとわかった。

#### 【0097】

また図 8 および図 9 に示すように第 1 の磁性層と第 2 の磁性層の膜厚は、互いに薄く且つ膜厚差が小さい方が、一方向性交換バイアス磁界及び規格化出力を大きくすることがわかった。

#### 【0098】

次に、図 7（実施例）に示す構造の磁気検出素子を用いて印加磁場と出力との関係を求めた。

#### 【0099】

図 13 に示すように、実施例では縦バイアス磁界が付与されていないが、グラフの傾きはほぼ一定であり、バルクハウゼンノイズやヒステリシスが発生していない。これは、フリー磁性層が形状異方性によって、磁化方向がトラック幅方向に配向しているためであると考えられる。

**【0 1 0 0】****【発明の効果】**

本発明の磁気検出素子では、素子のトラック幅方向中央部に間欠部が形成されており、前記間欠部には反強磁性層が設けられていない。したがって、素子中央部に位置する間欠部にセンス電流が分流することを防止できるため、再生出力の向上を図ることができる。またセンス電流や静電気放電（E S D）による過渡電流によって発生し、トラック幅方向中央部に集中し易い熱が、前記中央部において反強磁性層の交換結合磁界の方向を反転させることがない（素子の両側端部に設けられている反強磁性層の温度は上昇しない）ため、磁氣的な静電破壊に対する強度向上を図ることができる。また、素子中央部の磁氣的膜厚を減少させることによって狭ギャップ化に適切に対応することが可能である。さらに、前記フリー磁性層の磁化方向が、前記フリー磁性層自体の形状異方性によって前記トラック幅方向に配向しているため、例えば永久磁石層などの磁化配向手段を設ける必要がなく、素子の構造および製法を簡単にすることができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の第 1 の実施の形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

**【図 2】**

本発明の第 2 の実施の形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

**【図 3】**

本発明の第 3 の実施の形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

**【図 4】**

本発明の第 4 の実施の形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

**【図 5】**

本発明の第 5 の実施の形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

た部分断面図、

【図 6】

本発明の第 6 の実施の形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図 7】

実験に使用した磁気検出素子（実施例）の構造を示す模式図、

【図 8】

図 7 の磁気検出素子を使用して求めた、トラック幅  $R T w$  と一方向性交換バイアス磁界  $H e x *$  との関係を示すグラフ、

【図 9】

図 7 の磁気検出素子を使用して求めた、トラック幅  $R T w$  と規格化出力との関係を示すグラフ、

【図 10】

実験に使用した磁気検出素子（比較例）の構造を示す模式図、

【図 11】

図 10 の磁気検出素子を使用して求めた、トラック幅  $R T w$  と一方向性交換バイアス磁界  $H e x *$  との関係を示すグラフ、

【図 12】

図 10 の磁気検出素子を使用して求めた、トラック幅  $R T w$  と規格化出力との関係を示すグラフ、

【図 13】

図 7 の磁気検出素子を使用して求めた、印加磁場と出力との関係を示すグラフ、

【符号の説明】

10, 110, 210, 310, 410, 510 磁気検出素子

11, 111, 211 下部シールド層

12, 140 下部ギャップ層

13, 141 シード層

14 フリー磁性層

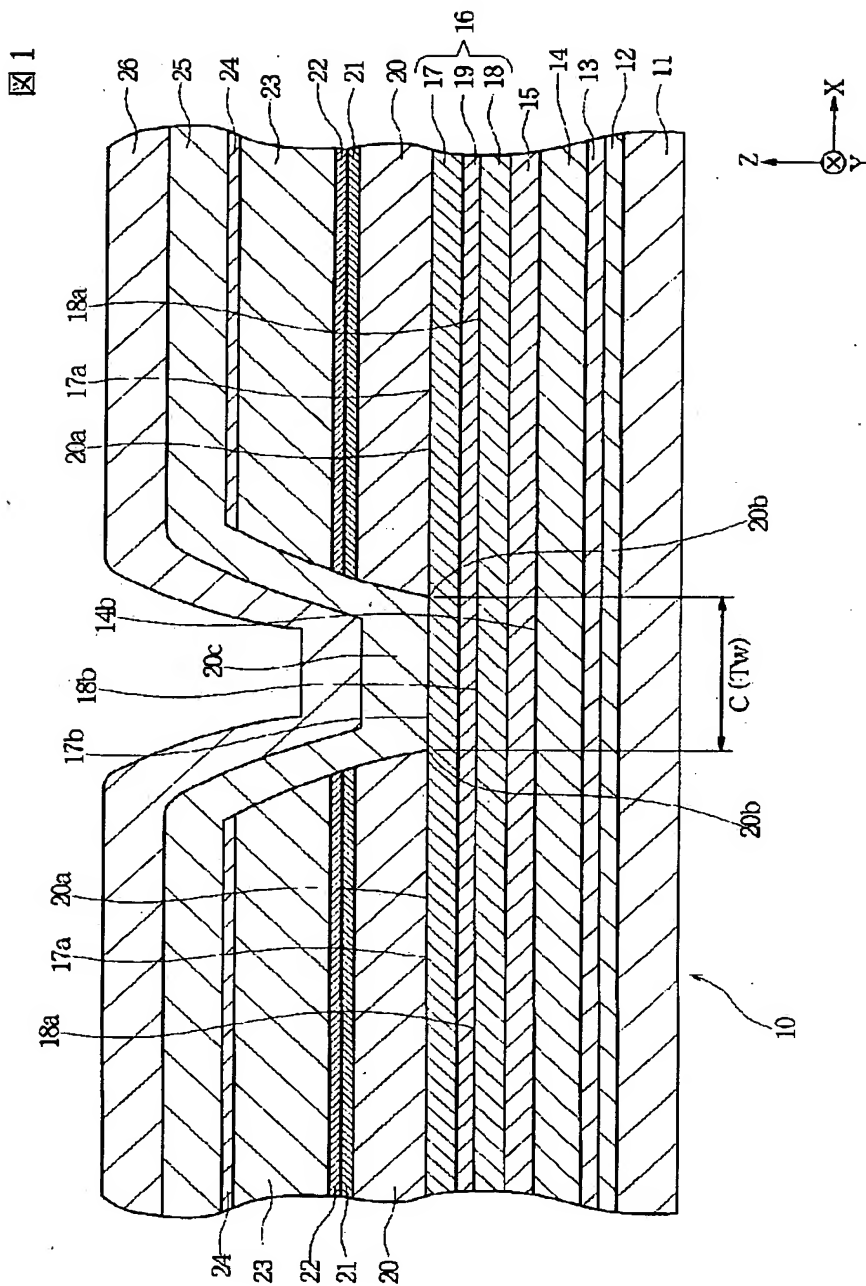
15 非磁性材料層

- 1 6 固定磁性層
- 1 7 第 1 の磁性層
- 1 8 第 2 の磁性層
- 1 9 中間層
- 2 0 反強磁性層
- 2 0 c, 1 3 0 c 間欠部
- 2 3 電極層
- 2 5 上部ギャップ層
- 2 6, 1 5 1 上部シールド層
- 1 3 0, 2 3 0 第 2 の反強磁性層
- 1 1 6 第 2 の固定磁性層
- 1 1 7 第 1 の磁性層
- 1 1 8 第 2 の磁性層
- 1 1 9 中間層
- 1 5 0 絶縁層
- 1 5 2 上部ギャップ層

【書類名】

凶面

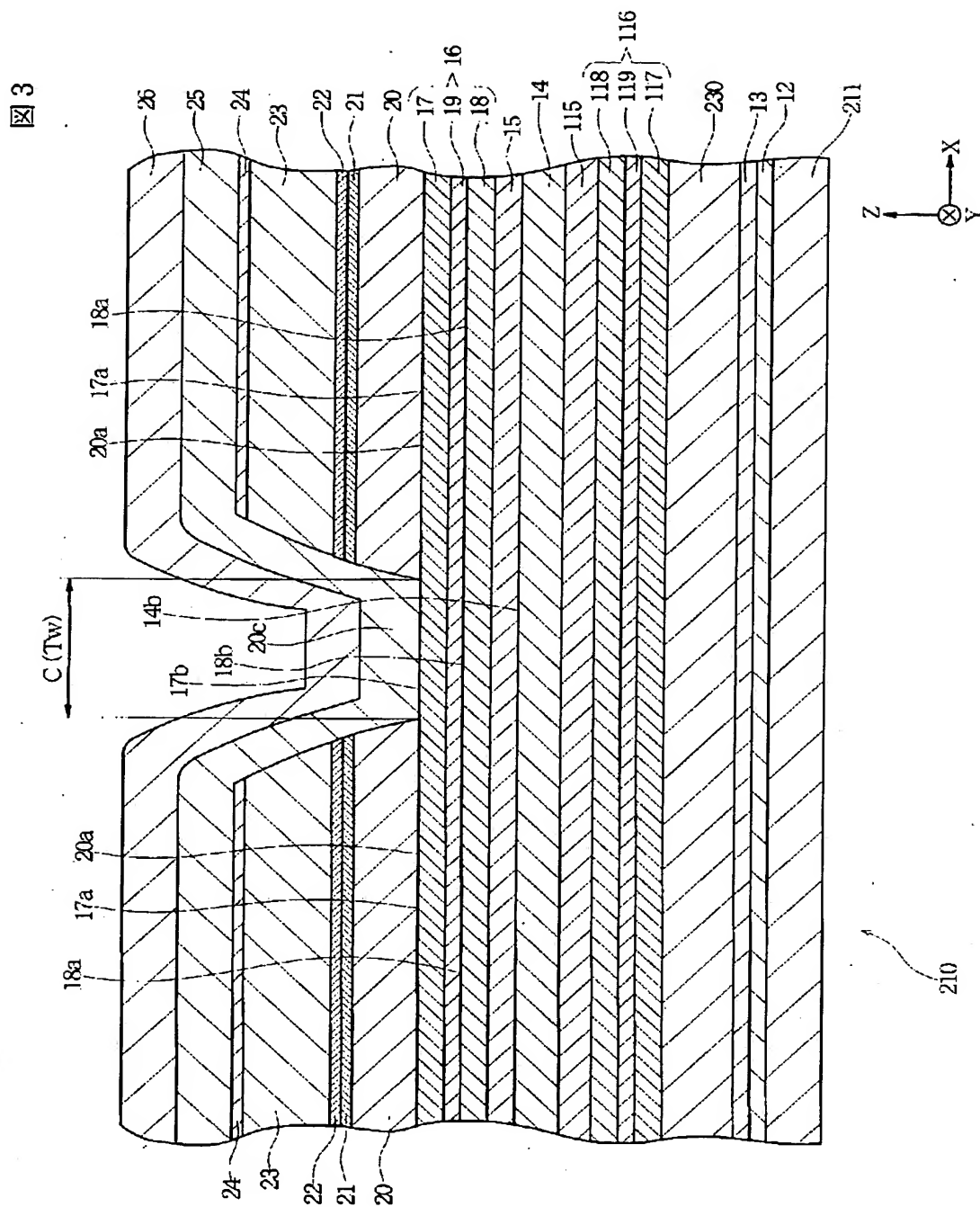
【図 1】



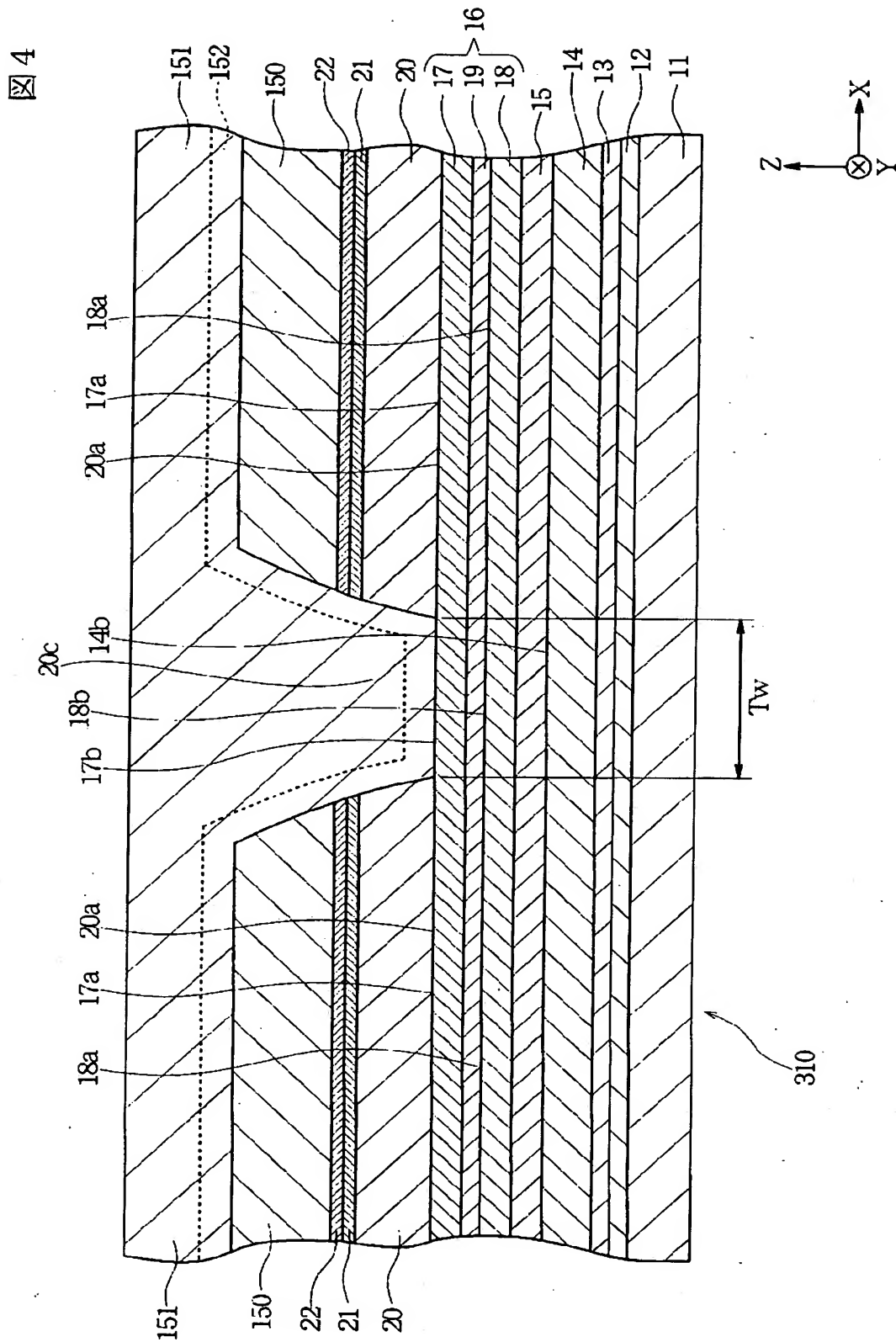




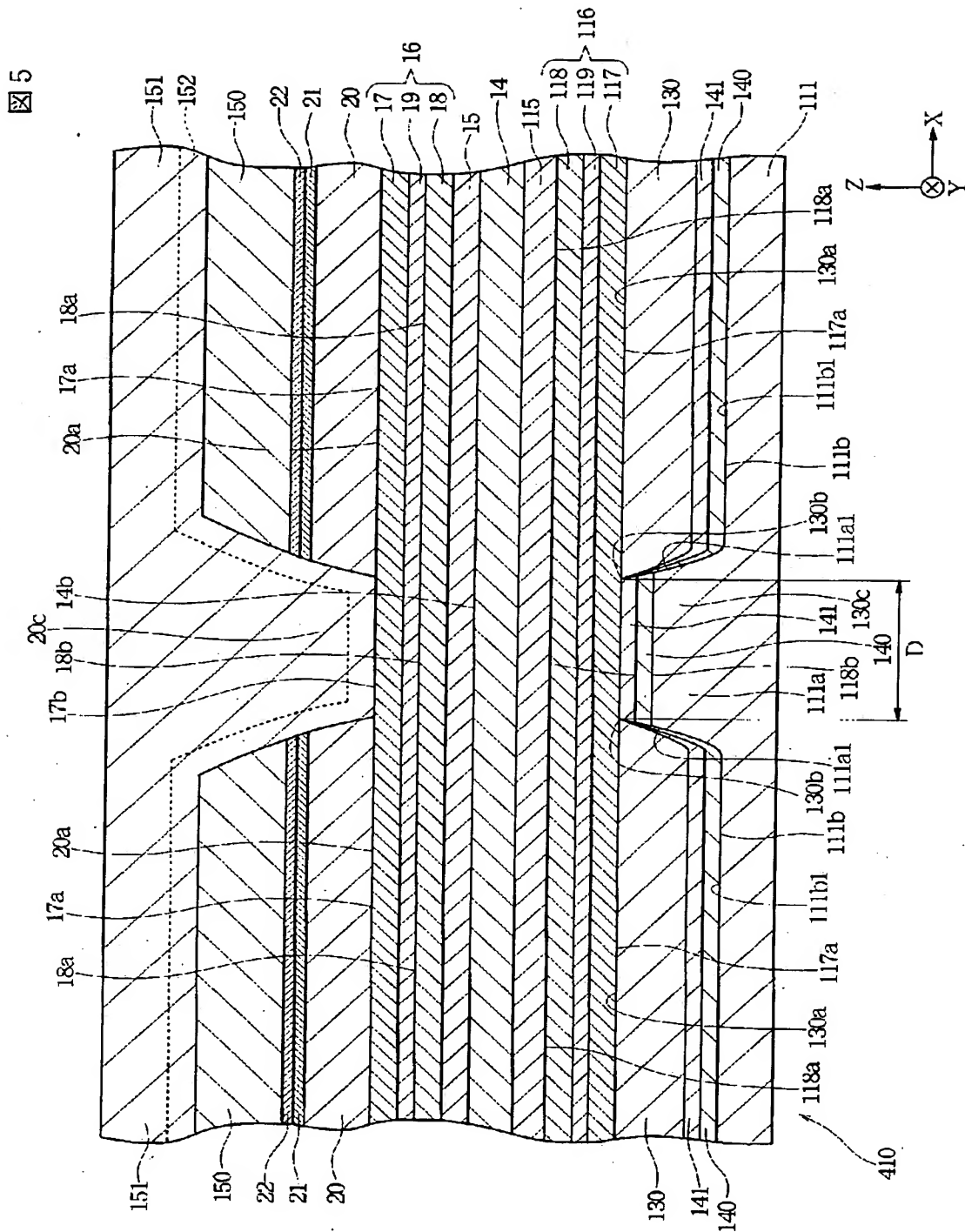
【図 3】



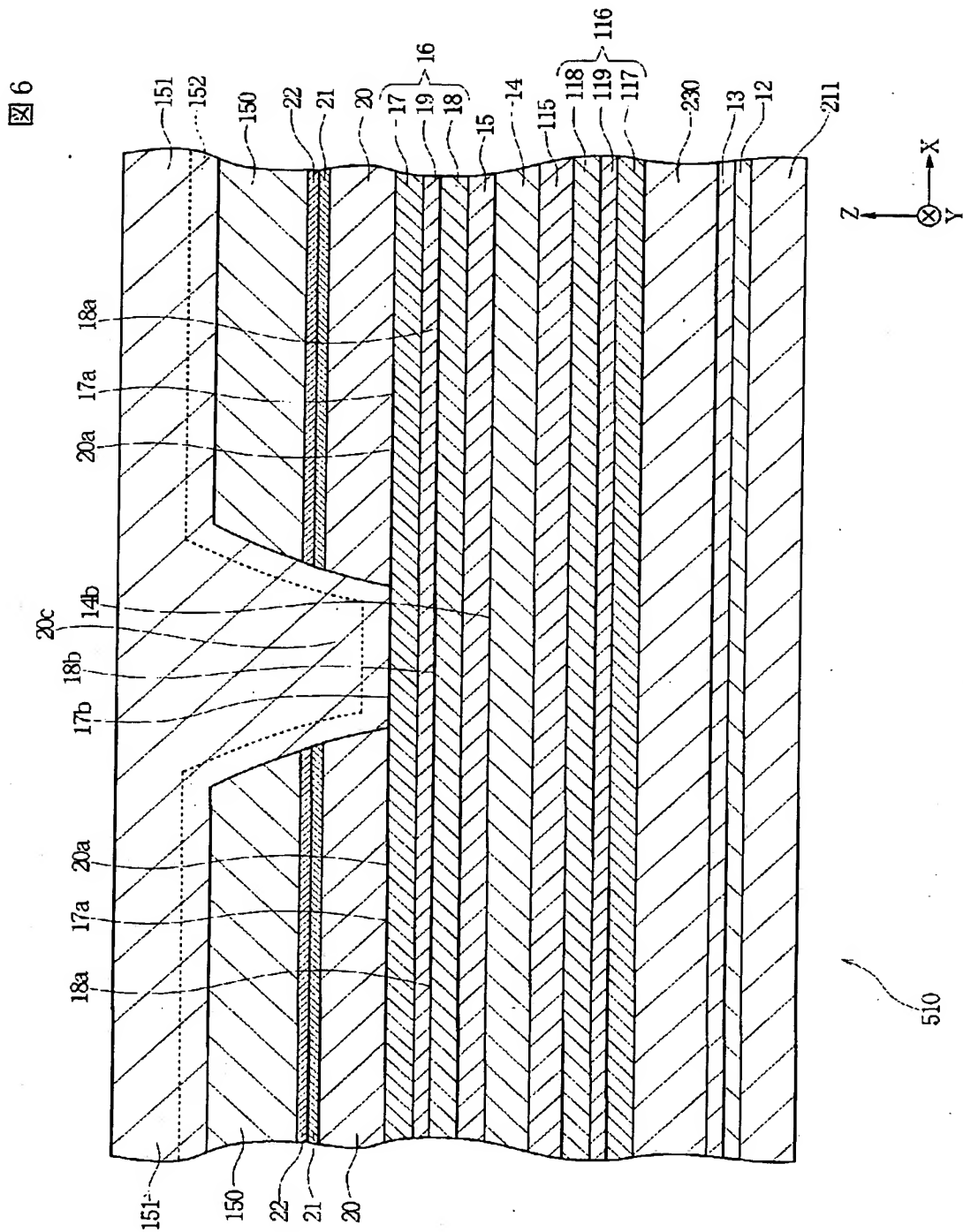
【図 4】



【図 5】

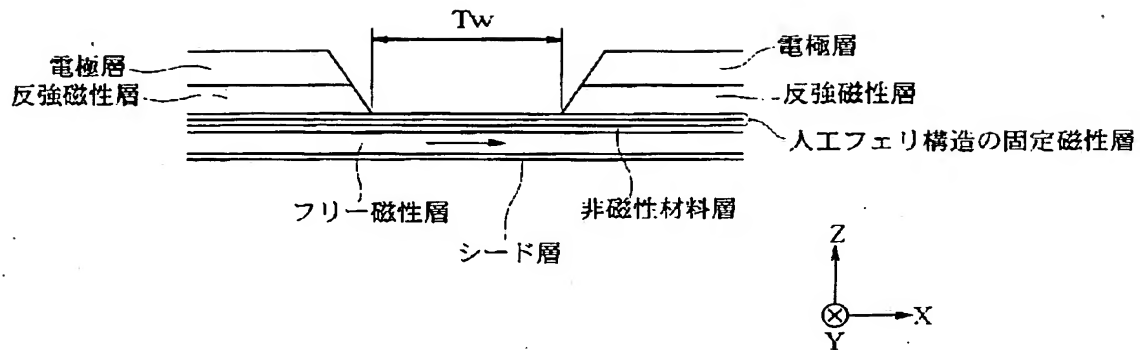


【図 6】



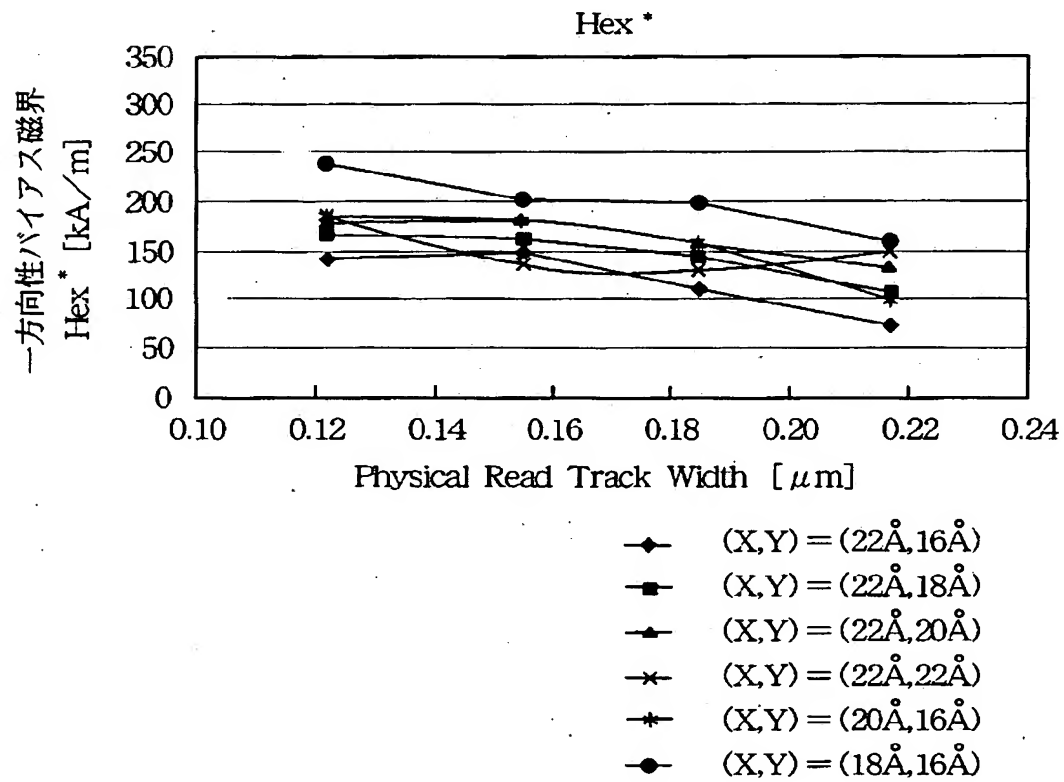
【図 7】

図 7



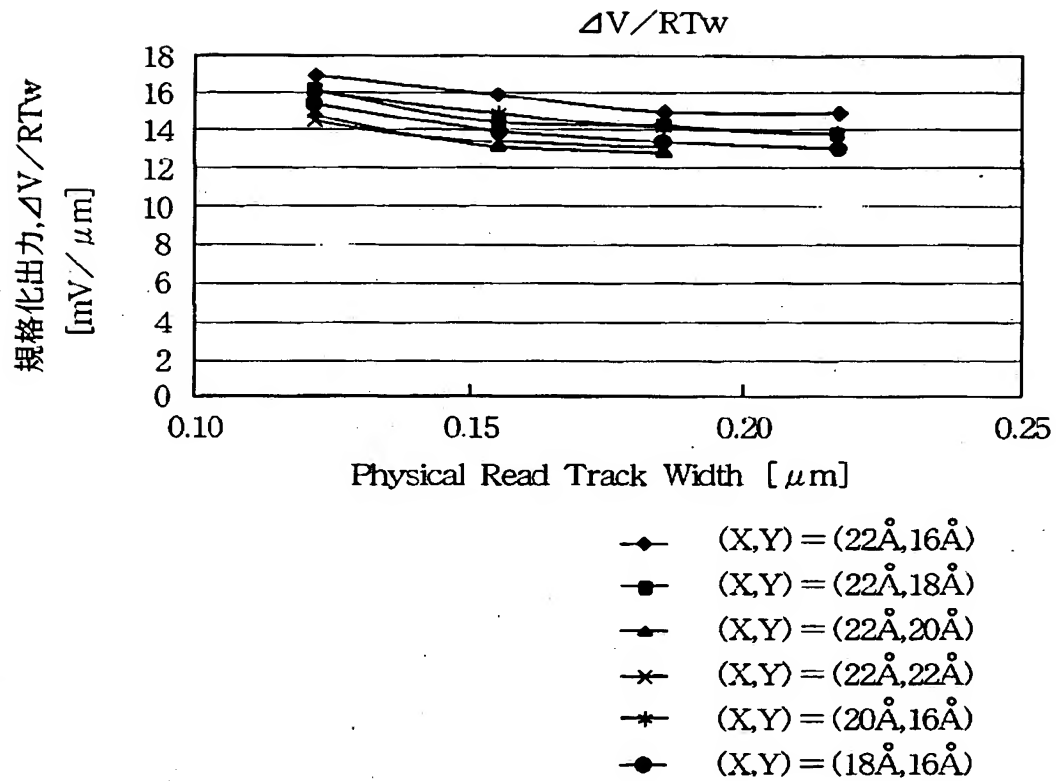
【図 8】

図 8



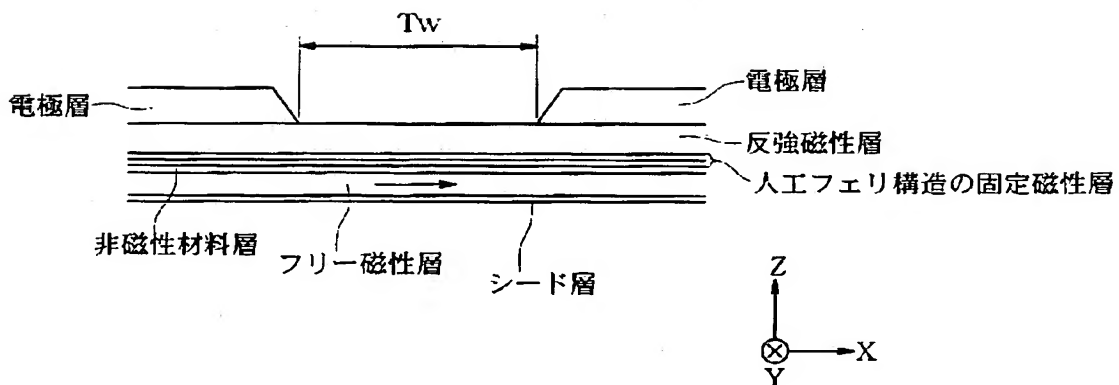
【図 9】

図 9



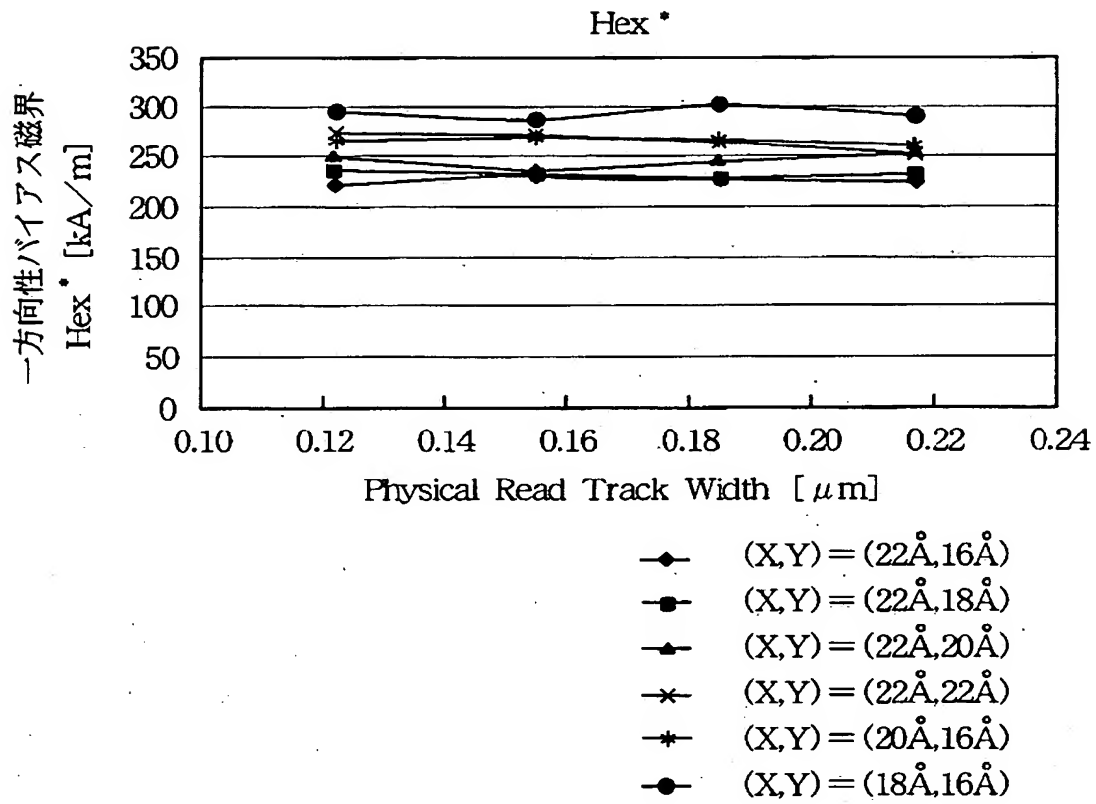
【図 10】

図 10



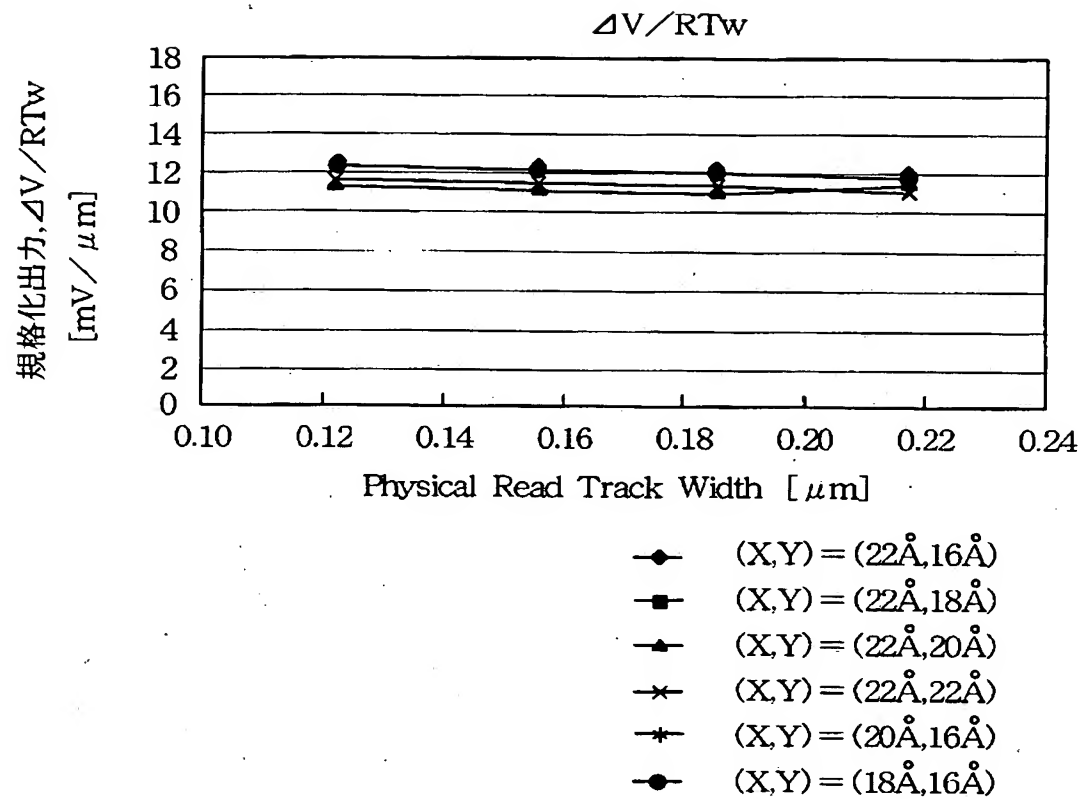
【図 11】

図 11



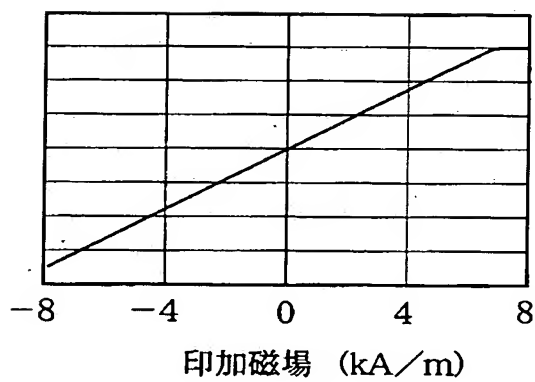
【図 12】

図 12



【図 13】

図 13





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 固定磁性層を適切に磁化固定できるとともに、再生出力の向上を図り、さらには狭ギャップ化等に適切に対応することが可能で、構造が簡単な磁気検出素子を提供する。

【解決手段】

素子のトラック幅方向中央部には間欠部 20c が形成され、反強磁性層 20 が設けられていない。したがって、前記間欠部 20c にセンス電流の分流を防止でき、再生出力の向上、磁気的な静電破壊に対する強度向上を図ることができ、また素子中央部の膜厚が減少することにより狭ギャップ化を図ることが可能である。また、フリー磁性層 14 の磁化方向が形状異方性によって前記トラック幅方向に配向しているため、磁化配向手段を設ける必要がなく、素子の構造および製法を簡単にすることができる。

【選択図】 図 1

特願 2002-293365

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000010098]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1990年 8月27日

新規登録

住 所  
氏 名

東京都大田区雪谷大塚町1番7号  
アルプス電気株式会社